RESUMO

Devido ao crescimento explosivo da disseminação das redes computacionais e desenvolvimento das tecnologias digitais,os diferentes tipos de informação (texto,áudio,vídeo etc.), passando a ser processados de forma integrada ,surgiu necessidade de aplicações que exigem velocidades e potências computacionais .Então este trabalho tem como objetivo o estudo das principais características de conexões de redes utilizando ATM(*Asynchronus Trasfer Mode*). Uma rede, em geral evoluída da rede digital integrada de telefonia, que proporciona conectividade digital fim a fim, para suportar uma variedade de serviços vocais e não vocais essa adaptação é feita pela Camada de Adaptação ATM (AAL - *ATM Adaptation Layer*) aos quais os usuários têm acesso através de um conjunto limitado de interfaces padronizadas. Será visto como é feita sua transmissão já que é uma tecnologia baseada em células, e como se permitem interligar redes ATM as redes tradicionais LANS e WANS.

Palavras chave: ATM,Células,Conexões AAL.

1-INTRODUÇÃO

A crescente evolução das tecnologias que envolvem a comunicação tem como base as redes de computadores que vêm trazendo alterações profundas às relações de trabalho e às formas de relacionamento interpessoal. Assim o estudo de novas gerações de tecnologias de rede se torna um assunto importante para a compreensão do que hoje se têm no mercado de intercomunicação de computadores.

Com esse objetivo, neste trabalho apresenta-se a tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), uma tecnologia para transmissão de informações. Abordando neste o seu surgimento e definição, suas características e o modelo de referência no qual foi moldado. E ainda os equipamentos necessários para a implementação de uma rede ATM e por fim, os padrões que permitem interligar redes ATM às redes tradicionais, pois como ATM possui características próprias, certas adaptações e alterações se fazem necessárias para ocorrer a interconexão de LANs e WANs.

No Capítulo 2 falaremos do surgimento das redes ATM e sua tecnologia.Cap 3 trata o modelo de referência utilizado para a padronização das redes ATM.No Capítulo 4 serão expostas as conexões e os caminhos utilizados nas redes ATM, o capítulo 5 trata da camada de adaptação(ALL) e o capítulo 6 interconexões de LANs e WANs utilizando ATM.

2-HISTÓRICO DO SURGIMENTO DAS REDES ATM

Em meados dos anos 70, devido ao avanço tecnológico digital e a necessidade de uma rede capaz de atender serviços de vídeo conferência, transferência de dados de alto desempenho, multimídia, biblioteca de vídeos, educação á distância e telemedicina vieram a motivar o conceito de redes de serviços integrados, conhecida como RDSI – Rede Digital de Serviços Integrados (ISDN – *Integrated Services Digital Network*) que estava sendo desenvolvida pelo CCITT (*Consultive Committee on International Telegraphy and Telephony*) atualmente ITU-T (*International Telecommunications Union- Telecommunication Standardization Sector*).[6]

Pode-se definir RDSI como: Uma rede, em geral evoluída da rede digital integrada de telefonia, que proporciona conectividade digital fim a fim, para suportar uma variedade de serviços vocais e não vocais, aos quais os usuários têm acesso através de um conjunto limitado de interfaces padronizadas [1] .

Ao final dos anos 80, muitos dos esforços de projeto e desenvolvimento do ITU-T voltaram-se a um novo conceito de rede mais revolucionário que a própria rede ISDN, a RDSI-FL (Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga) ou B-ISDN (*Broadband Integrated Services Digital Networks*) que oferecem serviços de banda larga. [6].

A ITU-T classifica as aplicações em banda larga em quatro categorias : serviços convencionais, serviços de recuperação, serviços de mensagem e serviços de distribuição [1].

Serviços Convencionais envolvem aplicações de tempo real como: vídeo-telefonia, vídeo-conferência, transferência de documentos multimídia em tempo real.

Serviços de recuperação envolvem recuperação de informações armazenadas remotamente como: videotexto, livrarias eletrônicas, etc.

Serviços de mensagem oferecem a comunicação entre usuários através de caixa de correios (*mailbox*). Serviços de distribuição tais como livros, revistas, jornais; sob controle ou não do usuário.

A ITU-T definiu o Modo de Transferência como a tecnologia de transmissão, multiplexação e comutação utilizada na transferência de informação. Assim surgiu a tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), modo de transferência assíncrona de informações, o qual se baseia as redes B-ISDN.

Apesar das intensas atividades de padronização do ITU-T essa nova tecnologia não produziu impactos esperados pelos seus idealizadores, devido aos seguintes fatores :

- Não existir participação efetiva de grandes operadoras de telecomunicações

  e dos fabricantes multinacionais de equipamentos;
- Altos custos em termos de investimentos exigidos para sua implantação.

Assim, no início dos anos 90 essa situação foi alterada dramaticamente a partir de um fenômeno chamado *Internet*. O crescimento explosivo desta rede trouxe consigo a disseminação e popularização dos serviços de informática. O surgimento do WWW (*World Wide Web*) a partir de 1992, que permite o acesso rápido e fácil a seus recursos por qualquer pessoa não especializada, tornaram a *Internet* a primeira rede com características de um sistema global de informação. Em

contrapartida, foi também a partir do seu enorme sucesso que ficaram expostas as limitações inerentes ao protocolo IP(*Internet Protocol*) da *Internet*, que não foi previsto para integração em tempo real de múltiplos serviços como voz, dados e imagens animadas.

Com isso, percebeu-se a necessidade de novas tecnologias que superassem essas limitações, e neste âmbito, o uso de ATM começou a se disseminar.

O serviço remoto B- ISDN, surgiu a partir da necessidade de se inventar uma nova rede capaz de substituir todo o sistema telefônico e todas as redes especializadas com uma rede integrada para todos os tipos de transferências de informações. Comparando-se com as redes de serviços que existem atualmente , essa rede teria uma gigantesca taxa de transferência de dados possibilitando assim uma grande quantidade de novos serviços.

O B-ISDN baseia-se na tecnologia ATM, por ser assíncrona, ou seja desvinculada de um relógio mestre, em contraposição ao que acontece com a maioria das linhas telefônicas de longa distância.

A tecnologia ATM baseia-se na transmissão de informações em pequenos pacotes de tamanho fixo, que são denominados células e possuem 53 bytes, onde 5 deles pertencem ao cabeçalho e os demais aos dados como apresentado na Figura 1.

5 bytes	48 bytes
CABEÇALHO	DADOS DO USUÁRIO

Figura 1 – Célula ATM [2]

Essa tecnologia de comutação de células é bastante diferente da comutação de circuitos como utilizada no sistema telefônico. Existem algumas razões para que a comutação de células

seja escolhida. Inicialmente porque a comutação de células é muito flexível e há a facilidade de aceitar um tráfego a uma taxa constante como no caso de áudio e vídeo e um tráfego a uma taxa variável como dados. E ainda, em velocidades muito altas, o processo digital de comutação de células é muito mais fácil do que a utilização das técnicas tradicionais de multiplexação, principalmente quando se utilizam cabos de fibra ótica.

A tecnologia ATM é orientada a conexão, ou seja, antes de uma chamada ser feita é preciso enviar uma mensagem para configurar a conexão. Em seguida todas as outras células seguirão o mesmo caminho. Se forem enviadas duas células 1 e 2 respectivamente para o mesmo destino e ambas conseguirem chegar ao destino, elas chegarão na mesma ordem, de modo que a célula 2 não chega antes da 1.

Atualmente as redes ATM funcionam nas velocidades de 155 Mbps e 622 Mbps [2].

Inicialmente as implementações ATM ofereceram opções limitadas. Mais posteriormente, elas deverão chegar à marca dos *gigabits.* A velocidade de 155 Mbps foi escolhida por possibilitar a transmissão de imagens televisivas em alta definição e compatibilidade com o sistema de transmissão Sonet[1]; já 622 Mbps foi escolhida por permitir que quatro canais de 155 Mbps possam ser enviadas através do SDH. Uma situação comum na maioria das redes ATM era a reserva de uma largura de banda fixa para cada conexão e prover um único nível de qualidade de serviço. A categoria de serviços ATM introduz a possibilidade aos usuários de selecionar combinações específicas dos parâmetros de tráfego e performance.

[1] Sonet – (Synchronous Optical Network) – Hierarquia de Sinais Digitais

3-PADRONIZAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA

Para a definição de normas para redes ATM tiveram participação além de órgãos internacionais de padronizações como ITU-T e ISO, um consórcio de empresas de informática e telecomunicações – ATM *Forum*, fundada em 1991.

A ITU-T recomendou um modelo de referência B-ISDN ATM, que se difere do modelo OSI, este composto de sete camadas bidimensionais (física, enlace de dados, rede, transporte, sessão, apresentação e aplicação) e aquele composto de três camadas (física, ATM e adaptação ATM) e um modelo tridimensional de planos: plano de controle, plano de usuário, gerenciamento de camada e gerenciamento de plano conforme apresentado na Figura 2.
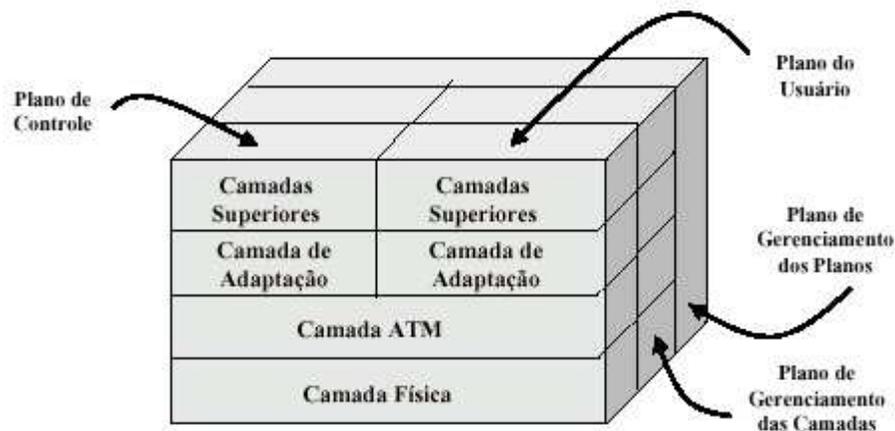
Figura 2 – Modelo de Referência B-ISDN ATM [1]

Nas próximas seções, uma visão geral será dada para as camadas que compõem o modelo de referência B- ISDN ATM.

3.1- Camada Física

A camada física do ATM abrange as camadas de enlace de dados e física do OSI. É subdividida em duas subcamadas: a subcamada de meio físico PM (*Physical Médium*) e a subcamada de Convergência de Transmissão TC (*Transmission Convergence*) [1]. A Subcamada PM é funcionalmente parecida com a camada física do OSI e a subcamada TC tem a funcionalidade de enlace de dados.

A subcamada PM tem como função a transmissão e a recepção da seqüência contínua de *bits* pelo meio físico, incluindo o alinhamento de *bits*, sinalização na linha e conversão eletro-ótica. Ao receber a seqüência de *bits* transmitidos, essa subcamada simplesmente a repassa à subcamada TC.

A subcamada TC tem como função:

- gerar e verificar o HEC (*Header Error Control*);
- delinear as células;
- embaralhar o sinal;
- gerar e recuperar quadros;
- desacoplar a taxa de células.

Quando as células são transmitidas, a subcamada TC as envia como uma seqüência de *bits* para a camada PM. Na outra extremidade, a subcamada TC recebe um fluxo de *bits* da subcamada PM e converte-o em um fluxo de células para a camada ATM.

3.1.1- Geração e verificação do HEC

Cada célula contém um cabeçalho de 5 bytes sendo 4 bytes a respeito do circuito virtual e de informações de controle e um byte de *checksum* denominado Controle de Erros do Cabeçalho

– HEC que permite a detecção de erros no cabeçalho. O *checksum* só abrange os quatro primeiros bytes do cabeçalho e não inclui o campo de carga útil.

A subcamada TC é responsável pelo cálculo e inserção do HEC no cabeçalho da célula, bem como pela sua verificação no lado destino.

O fato de se calcular apenas o *checksum* do cabeçalho reduz a probabilidade da existência de células incorretamente entregues devido a um erro de cabeçalho e evita o recálculo do *checksum* do campo carga útil, que é muito maior. Fica a cargo das camadas superiores verificar se o campo de carga útil está correto ou não, pois o ATM foi projetado para ser utilizado em cabos de fibra ótica, que são altamente confiáveis.

Ao encontrar um erro o mesmo será corrigido e se não for possível corrigí-lo a célula será descartada.

3.1.2- Delineamento de Células

Delinear células significa localizar os limites das células no fluxo de *bits* recebido. E para isso a subcamada TC usa uma máquina de estados finitos composta de três estados: *HUNT*, *PRESYNCH E SYNCH*.

No estado *HUNT*, a subcamada desloca um *bit* de cada vez nos registradores de deslocamento, em busca de um HEC válido. Ao encontrar um HEC válido a máquina de estados finitos alterna para o estado *PRESYNCH* indicando que localizou um limite de célula. Em seguida ela se desloca para os 424 *bits* seguintes sem examiná-los. Nesse momento o registrador de deslocamento contém outro cabeçalho de célula válido, executando o algorítmo mais uma vez. Se o HEC estiver incorreto a subcamada TC voltará ao estado *HUNT* e continuará a procurar por um cabeçalho, *bit* a *bit*.

Se o segundo cabeçalho também estiver correto, continua-se no estado *PRESYNCH* até que os cabeçalhos corretos tenham sido recebidos. Passa-se então ao estado *SYNCH*, quando o destino assume que está sincronizado com a origem e a operação de transmissão normaliza-se.

A Figura 3 mostra o delineamento de células.
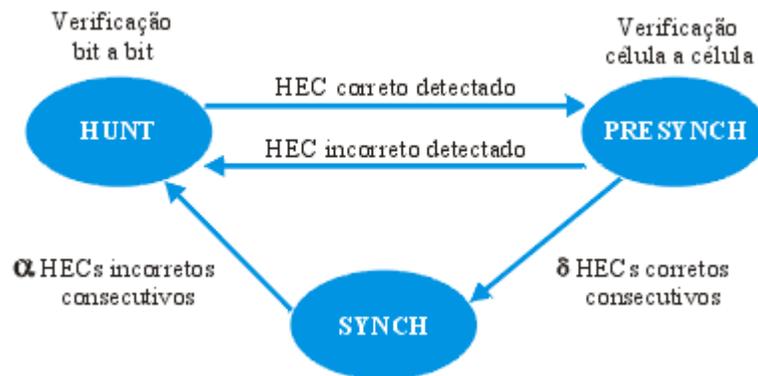
Figura 3 – Delineamento de Células [1]

Pode ocorrer perda da sincronização se houver inserção ou exclusão de um *bit* no fluxo de *bits*. Por isso, se apenas um HEC está incorreto aconselha-se simplesmente descartar a célula com o cabeçalho problemático, pois a maioria dos erros é causada devido a inversões de *bits* e não há inserções ou exclusões. Entretanto, se α HECs estiverem com problemas a subcamada TC deverá concluir que perdeu a sincronização e retornar ao estado *HUNT*.

3.1.3- Embaralhamento de sinal

A subcamada de convergência de transmissão pode efetuar o embaralhamento da seqüência de *bits* da parte de informação da célula a ser transmitida, de forma a evitar longas seqüências de zeros ou uns. Esse procedimento também diminui as chances de que uma seqüência de informação seja confundida com o cabeçalho, quando o receptor está no estado de

HUNT, pois o embaralhamento é feito apenas na parte de informação da célula, deixando o cabeçalho intacto.

3.1.4- Geração e Recuperação de Quadros

A estrutura de transmissão, segundo ITU-T pode ser feita usando SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), PDH (*Plesyochronous Digital Hierarchies*) ou estrutura totalmente baseada em células sem delimitação de quadros ou ainda usar FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*).

A definição de estruturas baseadas em hierarquias digitais, como a SDH ou a PDH, pressupõem a utilização de TDM(*Time Division Multiplexing)* síncrono para a construção de uma hierarquia a partir de um sinal básico. No TDM síncrono ou simplesmente TDM, o domínio do tempo é divido em intervalos de tamanho fixo T, chamado de *frames*; cada *frame* é subdividido em N subintervalos (T1,.......TN). Na definição de sinal básico de uma hierarquia, não há nenhuma restrição sobre a forma como a informação ocupará a capacidade do sinal definido. A utilização de hierarquias baseadas em TDM síncrono não implica em dizer que o modo de transferência é síncrono, pois a alocação da capacidade do sinal básico pode ser feita de forma assíncrona.

Em sistemas cuja subcamada PM é baseada em SDH ou PDH, a TC é responsável por criar a estrutura de quadros cíclicos para a transmissão das células assim como a recuperação das células a partir de quadros recebidos. Para estruturas de transmissão orientada a células, a estrutura de quadros não é necessária, sendo a delimitação das células obtidas diretamente do HEC.

3.2-Estrutura Baseada em TDM Síncrono

Conforme Soares [1], as estruturas baseadas em TDM Síncrono englobam os esquemas que definem hierarquias digitais de transmissão baseadas na multiplexação síncrona no tempo de sinais básicos. As primeiras aplicações desses esquemas foram observadas nas redes telefônicas, como os esquemas T1[2] ou E1.

São estruturas baseadas em hierarquias digitais, como a PDH e SDH, relacionadas nas próximas seções.

3.2.1-Estrutura Baseada na PDH

Alguma marcação deve ser inserida no início e fim de ciclos para que os sinais possam ser corretamente separados em cada nível da hierarquia. Além disso, cada multiplexador deve ser capaz de absorver pequenas variações nas taxas dos sinais de entrada. Essas variações podem ser ocasionadas devido a pequenas diferenças nos relógios de cada uma das fontes dos sinais ou a variações sofridas pelos próprios meios físicos.

Para lidar com os requisitos de ajuste de taxa e sincronização, os multiplexadores inserem *bits* extras de enchimento de forma a ajustar a taxa de cada uma das entradas dos multiplexadores. Um *buffer* elástico no qual a taxa de colocação de *bits* na entrada é menor do que a taxa de transmissão na saída será utilizado e os *bits* extras entrarão para completar a taxa de saída que será maior do que a soma de todas as taxas de entrada. Os *bits* extras de enchimento devem ser devidamente identificados e retirados dos demultiplexadores do mesmo nível. Isso requer que algum mecanismo de identificação dos *bits* de enchimento seja implementado.

[2] T1 e E1 – Esquema de Portadora (definido pela AT&T).

3.2.2-Estrutura Baseada na SDH

A SDH nasceu da definição do padrão SONET (*Syncronous Optical Network)*, em resposta à necessidade da definição de uma hierarquia única com um esquema de combinação de sinais também único. A estrutura básica do SONET é um quadro de 810 *bytes* que se repete a cada 125mseg. Assim, essa estrutura permite que cada *byte* do quadro corresponda a um canal de 64 Kbps. Sabendo-se que o tamanho do quadro é de 810 *bytes*, e que a taxa de amostragem para construirmos uma saída PCM(*Pulse Code Modulation*) é de 8000 amostras por segundo, para que se mantenha uma taxa assegurada para cada canal, é necessário que os *frames* se repitam 8000 vezes por segundo. E cada segmento tem duração suficiente para transmissão de 8 *bits* de uma amostra PCM. A taxa do sinal básico do SONET é de 810 bytes x 8000quadros/Seg x 8 bits = 51, 84Mbps/Seg.

O sinal básico é denominado STS-1 (*Synchronous Transport Signal level 1*), e pode ser dividido em camadas.

A camada de seção do SONET é processada por todos os equipamentos da rede, incluindo regeneradores. O *overhead*[3] de seção inclui *bits* de delimitação de quadro e *bits* de paridade. Quando o sinal passa pelo processo de embaralhamento, para evitar longas sequências de uns e zeros, os *bits* de *overhead* de seção são deixados intactos.

A camada de linha é processada por todos os equipamentos da rede, exceto os regeneradores. Os *bits* de *overhead* de linha incluem ponteiros para a delimitação de estruturas internas ao envelope de carga (*payload envelope*) que se constituem nas unidades de dados trocadas pela camada de caminho [1].

[3] Overhead – Alta Taxa

A camada de caminho é processada apenas pelos terminais, e os *bits* de *overhead* de caminho incluem *bits* de paridade, *bits* que identificam o tipo de carga e etc.

3.2.3-Estrutura Baseada em Células

Na estrutura baseada em células, existe um fluxo contínuo de células sem qualquer necessidade de divisão em quadros, sendo o delineamento das células realizado através do campo HEC. Como não é necessária a divisão em quadros, o padrão de sincronismo deve ser colocado em algumas células ATM vagas.Quando a interface estiver sobrecarregada, células carregando sincronismo devem ser forçadas periodicamente.

As recomendações para estruturas baseadas em células aplicam-se à interface UNI (*User-Network Interface*), definindo a possibilidade de utilização das taxas 25,6Mbps, 155,52Mbps, 602,08 Mbps.

3.2.4-Estrutura Baseada no FDDI

O ATM Forum definiu uma opção para UNI (*User-Network Interface*) privativa baseada no FDDI. A idéia é utilizar a camada PMD do FDDI como suporte para a transmissão. O protocolo utiliza o código blocado quatro entre cinco. Um dos símbolos, que não pertencem ao conjunto de cinco *bits* válidos para dados, é utilizado toda vez que não existem células para transmitir, evitando que a TC tenha que gerar células ociosas. Essa codificação permite que símbolos especiais sejam utilizados para o delineamento de células. Assim, como na estrutura baseada em células, não é necessária a geração ou recuperação de quadros.

3.2.5- Desacoplamento da Taxa de Células

Geralmente as normas para a subcamada de meio físico (PM) baseiam-se na transmissão de *bytes* continuamente sem nenhum período ocioso. Normalmente, as técnicas de transmissão são síncronas, caracterizando-se pelo envio contínuo de blocos de informações. No nosso caso, a geração de células para a transmissão ocorre de forma assíncrona, por isso, quando não existe célula a ser transmitida a subcamada de convergência (TC) é encarregada de inserir células ociosas, que são identificadas por um padrão especial no cabeçalho, mantendo sempre constante a taxa de geração de informação para a subcamada PM.

3.3- Camada ATM

A camada ATM é equivalente às camadas de rede e transporte do modelo de referência OSI e tem as seguintes funções:

- Multiplexação e demultiplexação de células;
- Adição e remoção do cabeçalho das células;
- Chaveamento e encaminhamento de células baseado na informação do cabeçalho;
- Controle genérico de fluxo (*Generic Flow Control* - GFC) na UNI.

As informações que circulam entre as camadas física e ATM estão na forma de células ATM. Todo o processamento na camada ATM é feito a partir da geração e inspeção dos campos do cabeçalho da célula ATM. Essas células podem ter dois formatos aplicáveis a comunicação entre dispositivos pela UNI ou NNI, diferenciadas através do cabeçalho.

Comutadores ATM públicos e privados podem suportar dois tipos de interfaces: Usuário/Rede (UNI - *User-Network Interface*) e Rede/Rede (NNI - *Network-Network Interface*).

Interfaces UNI conectam sistemas locais (tais como *hosts*, roteadores) a comutadores ATM, enquanto as interfaces NNI conectam comutadores ATM entre si. Além disso, dois tipos de interfaces UNI e NNI podem ainda ser definidas: públicas (NNI pública ou UNI pública) ou privadas (UNI privada ou NNI privada). As interfaces públicas são definidas entre sistemas locais ATM e comutadores ATM públicos enquanto as interfaces privadas são definidas entre sistemas locais ATM e comutadores ATM privados.

3.3.1- Primitivas de Serviços

As primitivas de serviço descrevem os serviços e informações trocadas entre duas camadas adjacentes , através de um ponto de acesso ao serviço – SAP .

As primitivas que existem entre a camada ATM e sua camada imediatamente superior (camada de adaptação) são as seguintes:

- ATM-DATA.*request*, que tem os seguintes parâmetros: ATM-SDU, prioridade de perda, indicação de congestionamento, indicação ATM-*user-to-user*.
- ATM-DATA.*indication*, que tem os seguintes parâmetros: ATM-SDU, indicação de congestionamento, indicação ATM-*user-to-user*.

A primitiva ATM-DATA.*request* é invocada por um usuário da camada imediatamente superior à camada ATM e tem por função a solicitação de envio de uma unidade de informação ATM - ATM-SDU (ATM *Service Data Unit*).

Já a primitiva ATM-DATA.*indication* é invocada pela própria camada ATM a uma entidade da camada superior, indicando a chegada de uma ATM-SDU através de uma conexão existente. Os parâmetros são os mesmos da primitiva anterior, com a exceção da falta de indicação de prioridade.

Como pode-se perceber, estas primitivas solicitam vários parâmetros. O parâmetro prioridade de perda indica a importância da informação solicitada em relação a uma possível perda. Este parâmetro pode assumir um destes valores: "prioridade alta" ou "prioridade baixa". O parâmetro indicação de congestionamento é utilizado para indicar se a informação passou por algum nó de rede com congestionamento. A indicação ATM-*user-to-user* é um argumento que pode assumir um destes valores: 1 ou 0. Este valor pode ser usado pelas camadas superiores como uma forma de controle. Por exemplo, o parâmetro pode indicar se a ATM-SDU que será transmitida é a última de uma seqüência.

As primitivas de serviço trocadas entre a camada ATM e a camada imediatamente inferior (camada física) são:

- PHY-DATA.*request*, que pede o parâmetro: PHY-SDU;
- PHY-DATA.*indication*, que pede o mesmo parâmetro: PHY-SDU.

A primitiva PHY-DATA.*request* é enviada pela camada ATM à camada física, a fim de solicitar a transferência de uma célula, que é transferida de uma entidade de camada ATM local para uma entidade de camada ATM remota, através de uma conexão física.

A primitiva PHY-DATA.*indication* é utilizada pela camada física para avisar à camada ATM que acabou de chegar uma célula.

3.4- Formato das Células ATM

Uma célula ATM é formada por 53 *bytes*: são 5 *bytes* destinados ao chamado "cabeçalho" da célula e os restantes 48 *bytes* reservados como área de dados. Os *bytes* ou octetos (grupos de 8 *bits*) são enviados em ordem crescente, iniciando pelo octeto 1 do cabeçalho. No entanto, dentro de um octeto, os *bits* são enviados de forma decrescente, iniciando a transmissão pelo *bit* 8.

Foram definidos dois formatos de células ATM, como mostrado na Figura 4. Existe um para a interface UNI (*User-Network Interface*), para as células que circulam entre o *host* e o primeiro comutador da rede, e outro para a NNI (*Network-to-Network Interface*), para as células que circulam entre os nós da rede.
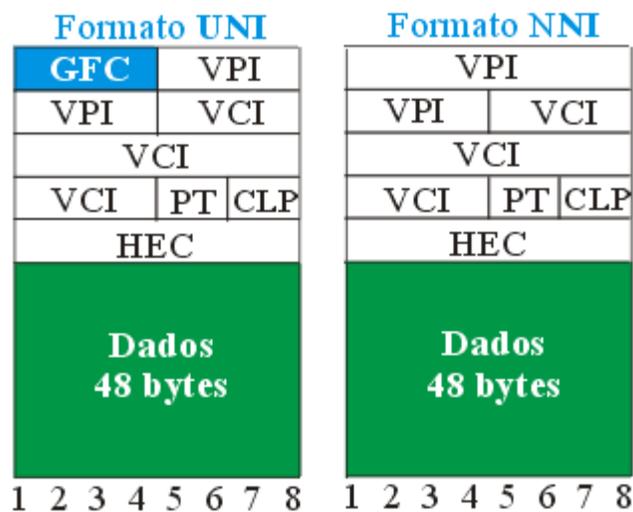
Figura 4 – Formato das Células ATM (UNI e NNI) [2].

A diferença fundamental entre os dois formatos de célula é a presença ou não do campo GFC (*Generic Flow Control*). O cabeçalho apresenta os seguintes campos de informação:

- GFC (*Generic Flow Control*): 0 *bits* ou 4 *bits*;
- VPI (*Virtual Path Identifier*): 8 ou 12 *bits*;
- VCI (*Virtual Channel Identifier*): 16 *bits*;
- PT (*Payload Type*): 3 *bits*;
- CLP (*Cell Loss Priority*): 1 *bit;*
- HEC (*Header Error Control*): 8 *bits.*

3.4.1-GFC

Este campo de 4 *bits* aparece apenas nas células tipo UNI. É utilizado pela camada física para efetuar o desacoplamento da taxa de células. Células com esse cabeçalho não são passadas à camada ATM, pois são células ociosas inseridas pela camada física para manter constante a taxa de transmissão. O GFC é sobrescrito pelo primeiro roteador que ele encontra pela rede e passa a ser ignorado por ele. A Tabela 1 apresenta as células e o formato de cabeçalho na UNI.

	Octeto 1	Octeto 2	Octeto 3	Octeto 4
Célula ociosa	00000000	00000000	00000000	00000001
Célula de informação de manutenção e operação da camada física	00000000	00000000	00000000	00001001
Célula reservada para uso da camada física	PPPP0000	00000000	00000000	0000PPP1

Tabela 1- Formatos de cabeçalho na UNI reservados (*bits* com P indicam que estão disponíveis para uso pela camada física) [1].

3.4.2-Identificadores VPI e VCI

As células de uma determinada fonte de informação são enviadas para a rede com um cabeçalho que contém a informação da conexão virtual (VC) a ser seguida através da rede e o canal virtual (VP) até chegar no usuário final. O cabeçalho possui dois campos principais associados ao conceito de VC e VP: o identificador de rota virtual VPI e o identificador de canal

virtual VCI. O encaminhamento das células através da rede se dá a partir da informação contida nos campos de VPI (que seleciona um determinado caminho virtual) e VCI (que seleciona um circuito virtual dentro do caminho virtual escolhido).

3.4.3-PT

Este campo identifica o tipo de informação contido no campo de informação da célula. O primeiro *bit* em zero indica informação de usuário (célula de usuário), enquanto o *bit* em um indica célula com informação de gerenciamento de recursos (RM - *Resource Management*), ou célula de operação e manutenção (*OAM - Operation Administration Maintenace*). A Tabela 2 expressa as combinações possíveis de *bits* para o campo PT.

Bits	**Significado**
000	Célula de dados do usuário, livre de congestionamento, com indicação ATM-*user-to-user* = 0
001	Célula de dados do usuário, livre de congestionamento, com indicação ATM-*user-to-user* = 1
010	Célula de dados do usuário, que passou por nó congestionado, com indicação ATM-*user-to-user* = 0
011	Célula de dados do usuário, que passou por nó congestionado, com indicação ATM-*user-to-user* = 1
100	Célula de manutenção entre comutadores adjacentes
101	Célula de manutenção entre comutadores de origem e destino da transmissão
110	Célula de gerenciamento de recursos
111	Reservado para expansões futuras

Tabela 2 – Valores possíveis para PT [1]

O segundo *bit* do campo PT das células de usuário são utilizados em mecanismos de notificação explícita de congestionamento para a estação final. As células, ao passarem por um nó congestionado são marcadas através deste *bit*, de modo que a estação final ao receber esta informação, pode mandar uma mensagem de volta, pedindo para que o terminal da outra ponta reduza a taxa de emissão de células.

O terceiro *bit* do PT de células de usuário, quando for zero, indica que a célula é continuação de uma seqüência de células que compõem um determinado quadro e se for um, indica que é a última célula deste quadro.

3.4.4-CLP

O campo de CLP é formado de um *bit* e define um mecanismo de prioridade no descarte de células quando surgem problemas de congestionamento devido a transbordos de *buffers* em *switch* ATM. As células com o *bit* de CLP setado (células de baixa prioridade) poderão ser descartadas pela rede, enquanto células com o *bit* CLP não setado (células de alta prioridade) não serão descartadas na medida do possível.

O *bit* de CLP pode ser utilizado tanto pela rede como pelo usuário. Durante o processo de estabelecimento de uma VC é feito um contrato de tráfego entre estação e rede, definindo as características de tráfego do serviço. Baseado neste contrato, a rede garante os parâmetros de qualidade do serviço estabelecidos neste contrato. No entanto, para se proteger, a rede policia os parâmetros do contrato para ver se o fluxo do usuário não viola os termos do contrato. Quando uma célula é detectada violando algum parâmetro, a rede poderá descartar a célula na própria interface, ou aceitá-la na base do melhor esforço para entregá-la, marcando-a para descartá-la se houver problemas.

O usuário também pode tirar vantagem do *bit* de CLP. Por exemplo,em um fluxo de vídeo pode-se classificar alguns quadros como mais importantes que outros e marcá-los através do CLP. A seqüência de sincronismo temporal, por exemplo, é mais importante que uma seqüência de varredura espacial do sinal de vídeo. Desta forma, o usuário sinaliza à rede que quando houver

problemas de congestionamento, deverão ser descartadas preferencialmente as células marcadas como sendo de baixa prioridade.

3.4.5-HEC

O preenchimento do HEC é de responsabilidade da camada física. Ele corresponde a um código de redundância que permite à camada física efetuar a detecção de erros no cabeçalho. Pode efetuar a correção de erros de 1 *bit* e detectar a maioria dos erros de mais de um *bit* no cabeçalho, reduzindo a probabilidade de encaminhamento errôneo de células, o que por sua vez reduz drasticamente o efeito de multiplicação de erros.

O HEC também identifica o início e o fim das células dentro de um fluxo de *bits*, que é uma função típica do nível de enlace.

4 -CONEXÕES ATM

Nas conexões ATM células são transportadas através de conexões. O estabelecimento de conexões numa rede ATM é negociado pelo plano de controle que cuida de toda sinalização referente ao estabelecimento, supervisão e liberação de chamadas e conexões.

Uma conexão fim a fim em redes ATM é denominada uma conexão com canal virtual(*Virtual Channel Connection*-VCC).O conceito de conexão com canal vitual é semelhante ao tradicional conceito de conexão com circuto virtual.Uma VCC é formada pela concatenação de conexões virtuais estabelecidas nos vários enlaces da rede, da origem até o destino, formando um caminho único através do qual as células serão encaminhadas .Cada conexão virtual em um enlace de canal virtual (*Virtual Channel Link*-VCL)[1]. Para encaminhamento correto das células pela rede até o destino ,usa-se os comutadores.

Um comutador ou nó de comutação é um dispositivo físico formado por várias portas associadas às linhas físicas da rede e tem como função receber células que chegam pela rede por meio das portas de entrada e retransmiti-las para a rede, através de suas portas de saída, mantendo a ordem das células em cada conexão. Para que cada nó possa efetuar a comutação é necessário que ele seja informado sobre as rotas das células.

As primeiras versões de comutadores ATM utilizavam conexões virtuais permanentes (PVC - *Permanent Virtual Connections*) para o estabelecimento de conexões. Uma PVC é uma conexão estabelecida por algum mecanismo externo, tipicamente uma operação de gerenciamento

da rede, onde um conjunto de comutadores são programados com os valores apropriados de VPI (*Virtual Path Identifier*) e VCI (*Virtual Channel Identifier*). Além disso, PVCs sempre requerem alguma configuração manual para serem estabelecidos, tornando-os algumas vezes complicados para o uso.

Com o passar do tempo, as novas versões de comutadores começaram a utilizar conexões virtuais comutadas (SVC - *Switched Virtual Connections*). Uma SVC é uma conexão que é estabelecida automaticamente através de um protocolo de sinalização. SVCs não necessitam da interação manual necessária para estabelecer PVCs; tornando-os mais simples e, além disso, as conexões são dinâmicas, o que os tornará largamente utilizados em comutadores ATM [1].As conexões podem ser classificadas da forma que são estabelecidas e números de usuários finais ATM envolvidos na transmissão também existem dois tipos fundamentais de conexões ATM:

Como mostra a Figura 5 as conexões Ponto a Ponto (*Point-to-point connections*) – Conecta apenas dois usuários finais ATM e podem ser unidirecionais ou bidirecionais e as conexões Ponto para Multiponto (*Point-to-multipoint connections*) – Conecta um usuário final ATM fonte (nó raiz) com múltiplos usuários finais ATM de destino (nós folhas) [6].
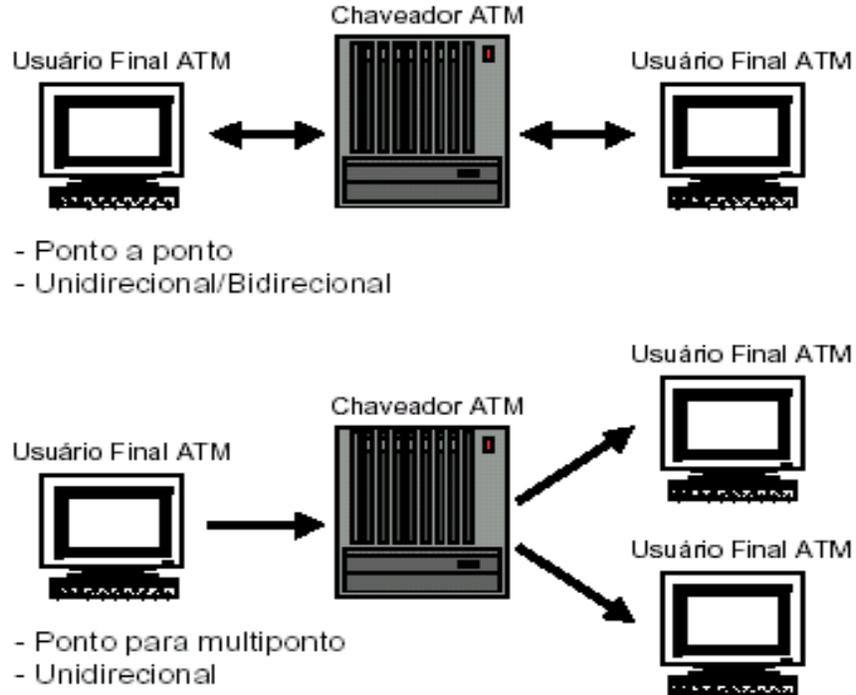
Figura 5 – Conexões ATM ponto a ponto e ponto para multiponto [6]

4.1 - Conexões Virtuais

Conexão virtual trata-se de um canal lógico entre dois usuários finais ATM, e é usada para transportar células. Estas conexões lógicas de ponta a ponta entre dois usuários finais ATM são chamadas de conexão de canal virtual (VCC – *Virtual Channel Connection*). Uma VCC é uma concatenação de um ou mais canais virtuais (VC – *Virtual Channel*). Um canal virtual simplesmente descreve o transporte unidirecional de células ATM com um identificador comum, VCI, em cada célula. Um enlace de canal virtual (VCL - *Virtual Channel Link*) é um canal virtual entre dois pontos em uma VCC. [6] **.**A Figura 6 ilustra um exemplo de funcionamento das camadas de comutação de VP e de VC.
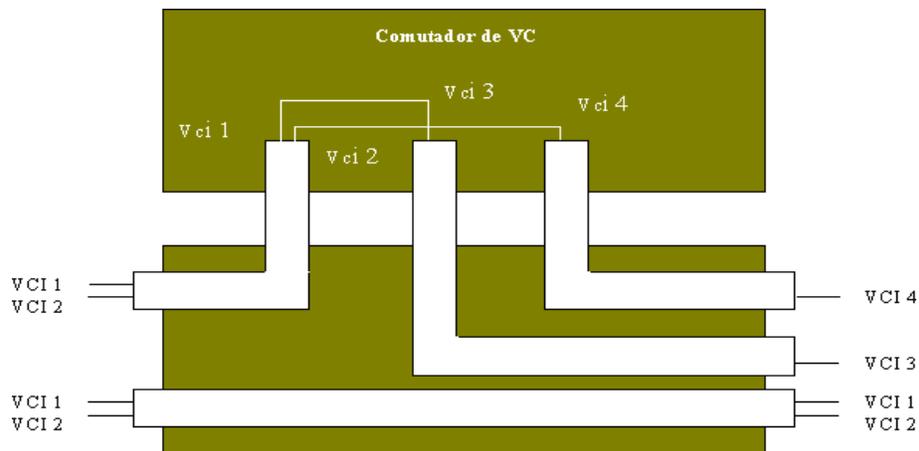
Figura 6-Exemplo de funcionamento em conjunto de VP eVC [1].

4.2-Caminhos Virtuais

Denomina-se uma conexão de caminho virtual ATM (VP – *Virtual Path*) um conjunto de VCCs que são comutadas em conjunto. Cada canal virtual é associado a um caminho virtual. Múltiplos canais virtuais podem ser associados com um mesmo caminho virtual. Um caminho virtual está apoiado sobre um enlace de caminho virtual (VPL – *Virtual Path Link*). Um VPL é um caminho virtual entre dois pontos. Uma conexão de caminho virtual (VPC – *Virtual Path Connection*) é a concatenação de um ou mais VPLs.

Os conceitos de caminho virtual e conexão virtual oferecem um mecanismo flexível e robusto para o estabelecimento e o chaveamento de conexões dentro de uma rede ATM. Combinados existem 24 bits para o VPI/VCI na UNI e 28 bits na NNI. [1].
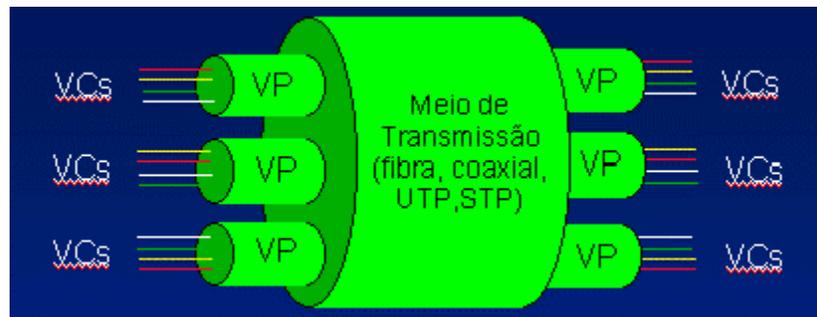
Figura 7 – Caminhos Virtuais [1]

4.3- Comutadores ATM

Um comutador ou nó de comutação é formado por várias portas associadas as linha físicas da rede ,com função de comutação em nó correspondente à recepção das células que chegam pelas portas de entrada e a sua restransmissão à porta de saída sempre mantendo a ordem das células .

A comutação em cada nó é a parte mais básica do encaminhamento das células ao destino,para que ocorra tudo certo nesta comutação é necessário que cada nó seja alimentado de informações sobre as rotas da células.

Células que chegam a um nó de comutação através de uma VCL devem ser encaminhadas à próxima VCL do caminho estabelecido por uma VCC.Em cada comutador , a próxima VCL do caminho está relacionada a uma das portas .Então quando uma célula chega no comutador ATM ,o rótulo indentifica o VCL utilizado pelo comutador anterior do caminho estabelecido pela VCC e com esta informação da porta de entrada o comutador consulta uma tabela (mantida pelos processos de sinalização e estabelecimento de conexão)que relaciona VCL porta de entrada ao VCL porta de saída no caminho estabelecido pela VCC,o comutador atualiza

o rótulo da célula e retransmite pela nova saída especificada com forme ilustram as Figuras 8 , 9. e 10.
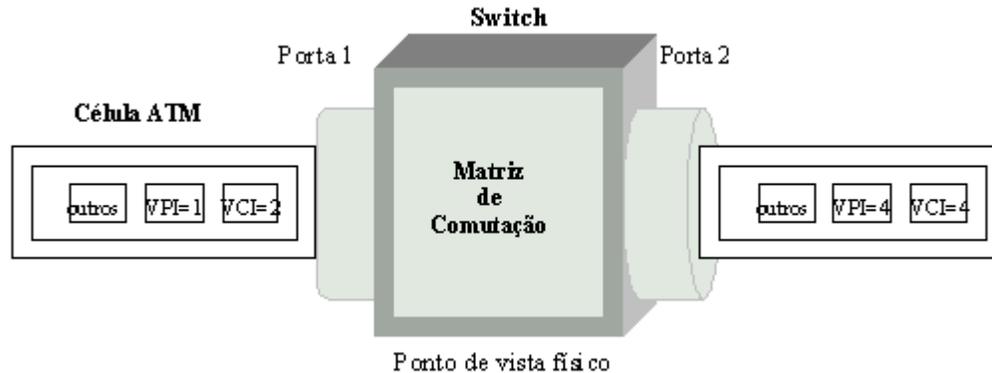
Figura 8 – Operação de um chaveador ATM ponto de vista físico [1].
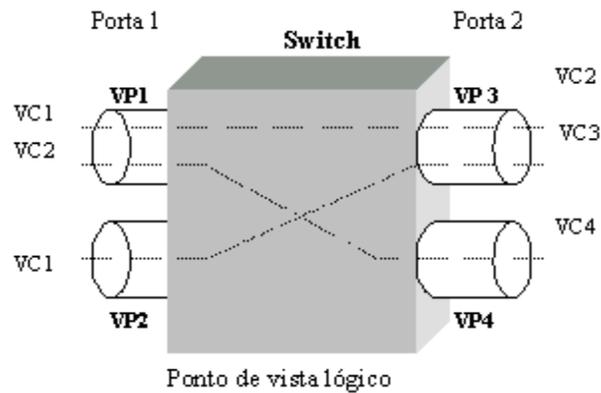
Figura 9 – Operação de um chaveador ATM ponto de vista lógico [1].

Como o processamento para a comutação das células é efetuado em *hardware* pelos controladores de entrada (CEs), elemento comutador e controladores de saída (CSs). O Processador de controle é utilizado apenas para funções de controle, como estabelecimento e liberação de conexões (atualização das tabelas de VPI e VCI), manutenção e gerenciamento.
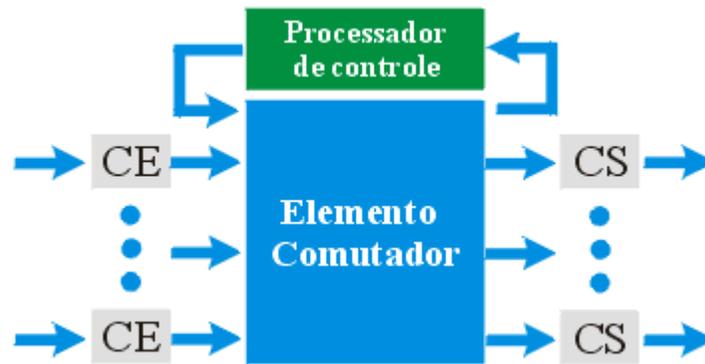
Figura 10 – Operação de um chaveador ATM Estrutura geral de um nó de comutacão [1].

4.4-Interfaces ATM

O ATM é fundamentalmente uma tecnologia de comutação de pacotes ,e não uma tecnologia de comutação de circuitos (embora possa emular bem a comutação de circuito)e grande parte da experiência acumulada até hoje em relação a engenharia de comutação de circuitos se tornará obsoleta por esta mudança .

Passa-se da comutação de circuito para a comutação de pacotes com isto B-ISDN não pode usar par trançado em distâncias significativas , o que significa que a introdução dessa tecnologia exigirá a retirada da maioria dos *loops* locais e a colocação de fibras óticas ou pares trançados de categoria 5 ,além disso os comutadores por divisão do tempo e de divisão espacial não podem ser usados [2].

Alguns dos padrões de interfaces existentes e outros que estão sendo definidos são mostrados na Tabela 3. Segundo Black [3], na camada física as PHY-PDUs podem ser chamadas de frames.

Descrição	Taxa (Mbps)	Especificação
ATM 25.6 Mb sobre UTP - 3[6]	25.6	ATM *Forum*
51.84 Mb Sonet STS-1[8] Sobre UTP –3	51.84	ATM *Forum*
TAXI9 100 Mb sobre MMF [10]	100	ATM *Forum*
155 Mb *Fibre Channel* sobre MMF	155.52	ATM *Forum*
155 Mb SONET STS-3c [11] sobre SMF [12]/ MMF	155.52	ITU-T1.432
155 Mb SONET STS-3c sobre UTP-3	155.52	ATM *Forum*
155 Mb SONET STS-3c sobre UTP-5	155.52	ATM *Forum*
DS-1 [13]	1.544	ITU-T G804
DS- 3 [14]	44.733	ITU-T G703
E1 [15]	2.048	ATM *Forum*
E3 [16]	34.368	ATM *Forum*
E4	139.264	ATM *Forum*
622 Mb SONET STS-12c	622.08	ATM *Forum*

Tabela 3 – Interfaces ATM da Camada Física [1]

UTP – *Unshielded Twiested Pair* – Par de fios de cobre trançados. O ATM *Forum* especificou duas categorias:

SONET – *Syncronous Optical Network* – Padrão de transmissão óptica digital de alta velocidade e qualidade definido pela ANSI.

STS-1 – *Synchronous Transport Signal*-1 – Padrão de sinal básico SONET para transmissão óptica.

TAXI – *Transparent Asyncronous Transmiter/Receiver Interface* – Uma interface que provê conectividade sobre enlaces de fibra multimodo.

MMF – *Multi-mode Fiber* – Fibra multimodo.

STS-X – *Synchronous Transport Signal*-X – Formato de sinal SONET com X vezes a taxa básica.

SMF – *Single-mode Fiber* – Fibra monomodo.

DS-1 – Canal TDM (*Time Division Multiplexing*) digital.

DS-3 – Canal TDM digital.

E1 – *European Digital Signal 1* **–** Padrão europeu para interface física digital.

E3 – *European Digital Signal 3* **–** Pode suportar simultaneamente 16 circuitos E1. [6],

5-CAMADA DE ADAPTAÇÃO ATM

A camada de adaptação (*ATM Adaptation layer_AAL*)tem como função compatibilizar e oferecer os serviços desejados pelas camadas superiores ,utilizando a tecnologia ATM como base e efetuando as adaptações necessárias de acordo com a Recomendação I.362: "a camada AAL executa funções requeridas pelos planos de usuário, de controle e de gerenciamento, e suporta o mapeamento entre a camada ATM e a camada imediatamente superior O AAL suporta múltiplos protocolos de modo a atender às necessidades específicas dos usuários do serviço AAL. Portanto, a camada AAL é dependente do serviço". Tendo em vista esta definição, vemos que a camada AAL não é caracterizada por um conjunto bem definido de funções que deve suportar, mas sim, ela deve ser capaz de suportar quaisquer funções que lhe forem solicitadas por qualquer protocolo que utilize um serviço AAL. A AAL é a primeira camada de protocolo fim-a-fim no modelo de referência da RDSI-FL, conforme ilustrado na Figura 11.
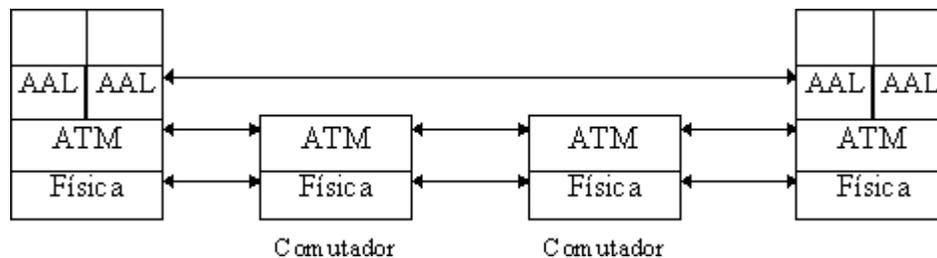
Figura 11- A camada AAL. [1]

Então para facilitar a definição das funções que a camada AAL deve suportar para cada tipo de serviços, eles são divididos em quatro classes: A, B, C e D, de acordo com a Recomendação I.362 do ITU-T. O Fórum ATM ainda considera mais uma classe de serviços: a classe X.como é visto na Tabela 4.

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Tempo na fonte e no destino	Relacionado			Sem Relação
Taxa de geração de bits	Constante	Variável		
Modo de conexão	Orientado à conexão			Sem Conexão

Tabela 4- Classes de Serviços da Camada AAL[2]

Classe A: Esta classe é utilizada para emulação de circuitos ,suas características básicas são pequeno atraso máximo, variação de atraso desprezível, intervalo de tempo entre a transmissão de dois *bits/*octetos fixo e transmissão completa da cadeia de *bits*/octetos isto é nenhuma informação é perdida nem a ordem é alterada. Pertencentes à classe A são a emulação de circuitos para serviços isócronos, como transmissão de voz e vídeo a taxas constantes (sem compressão ou compactação).

Classe B: Esta classe é basicamente ,destinada para tráfico de voz e vídeo cujas reproduções são feitas à taxa constante ,as características básicas dos serviços da classe B são as mesmas dos serviços da classe A, porém a taxa de transmissão passa a ser variável (devido à compressão e compactação).

Classe C: Serviços de classe C são tradicionais serviços encontrados em redes de pacote com conexão x25 , os serviços desta classe devem se encaixar em: atraso máximo moderado, variação moderada do atraso, não há necessidade de sincronização entre *bits*/octetos ou quadros transmitidos e variação no comprimento da cadeia de dados transmitidos (porém, mantendo seu conteúdo e limitações).

Classe D: as características dos serviços pertencentes à classe D são as mesmas da classe C, porém os serviços da classe D não são orientados à conexão, como é a interconexão de redes utilizando TCP/IP,

Classe X: a classe X define um serviço orientrado à conexão ATM. A camada AAL, neste caso, não tem função. [1]:

Algumas das características e funções comuns a todas AALs são as seguintes:

- As AALs são localizadas em equipamentos de usuários finais ATM.
- As AALs são dependentes dos aplicativos de camadas superiores em uso.
- As informações de aplicativos são passadas para a AAL através de um ponto de acesso ao serviço (SAP – *Service Acess Point*), no formato de *frames*. Tais *frames* podem ter até 64 Kbytes.

A seguir serão detalhadas as principais características dos protocolos AAL [6]:

5.1-AAL 0

É conhecida também como a ausência de funções da camada AAL.Alguns sugerem que este serviço deve ser utilizado para o tráfego de controle ,muito embora outros argumentem que o tráfego de controle é justamente aquele que não pode se perder. Representa o processo que conecta o usuário da AAL diretamente ao serviço oferecido pela camada ATM . AAL pode ser

utilizada por equipamentos que querem fornecer seus próprios serviços utilizando diretamente a tecnologia de transferência ATM. [1]:

5.2 - AAL Tipo 1

AAL 1: A camada AAL 1 efetua os procedimentos necessários para satisfazer os requisitos dos serviços da classe A. Seus serviços oferecidos são a transferência de unidades de dados com uma taxa constante de geração e a sua entrega ao destino na mesma taxa, transferência de informações de sincronismo entre origem e destino e indicação de perda de informações ou do recebimento de informações não recuperáveis pela AAL 1.,e pode executar as seguintes funções: segmentação e remontagem das informações, tratamento da variação do atraso das células, tratamento de células perdidas ou inseridas erroneamente, recuperação do relógio da fonte na recepção, monitoramento do campo de informações do usuário para detectar *bits* com erros possíveis de se corrigir, monitoramento e tratamento de *bits* com erro no PCI (*Protocol Control Information*) [1].

Este protocolo utiliza uma subcamada de convergência (que detecta células perdidas e células entregues incorretamente ao destino, controla o tráfego de células para ser constante e divide as mensagens em células) e uma camada SAR.

Para este protocolo são definidos dois tipos de formatos de células:A Figura 12 mostra uma sequência para detectar células perdidas.

Células do tipo não-P

- Cabeçalho: 1*byte*.
- SN : Número de sequência para detectar células perdidas.

Bit Não-P	1	3	3	1	
	1	SN	SNP		**Carga útil de 47 bytes**
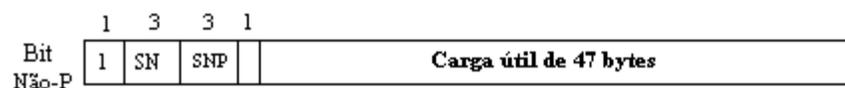
Figura 12- Formato da Célula AAL1 para Bit não P[2]

- SNP: soma de verificação do SN para detecção de erros.
- Paridade : 1*bit* de paridade referente ao *byte* do cabeçalho.
- Informação: 47 *bytes.*

Células do tipo P (usadas para reservar as fronteiras entre as mensagens)

- Cabeçalho: 1*byte*
- SN : Número de sequência para detectar células perdidas.
- SNP: soma de verificação do SN para detecção de erros.
- Paridade : 1*bit* de paridade par referente ao *byte* do cabeçalho.
- *Pointer*: informa o deslocamento do início da próxima mensagem, assim somente usado nas células de número de seqüência par.A Figura 13 detalha o formato da célula para *Bit* P.
- Informação: 46 *bytes*
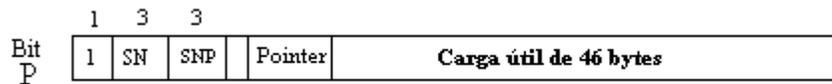
Figura 13- Formato da Célula AAL1 para Bit P[2]

5.3 - AAL Tipo 2

O objetivo da AAL 2 é efetuar os procedimentos necessários para fornecer serviços da classe B,isto é transferência de unidades de dados a taxa variável (VBR - *Variable Bit Rate*),

sincronismo entre origem e destino e indicação de informações perdidas ou com erros não recuperáveis pela AAL 2. As mesmas funções oferecidas pela AAL 1 são fornecidas pela AAL 2.Atualmente ainda não existem recomendações do ITU-T sobre a operação da AAL 2, o maior desafio é definir os mecanismos de sincronização [1].

5.4 -AAL 3/4

Efetua os procedimento necessários para fornecer serviços das classes C(com conexão) e D(sem conexão). Os procedimentos das AAL 3 e AAL 4 podem ser executados para ambas as classes de serviços, eles foram combinados durante o processo de definição das normas,quando se concluiu que vários procedimentos comuns eram executados para ambas as classes de serviço.Os serviços de transporte oferecidos pela AAL 3/4 podem ser de dois tipos: modo de mensagem (onde um quadro de informação é recebido do usuário e enviado a outro usuário na rede) e modo de fluxo (no qual um fluxo de quadros de informação é transportado pela rede a outro usuário). A AAL 3/4 também define dois tipos de operação: assegurada e não assegurada. Na operação assegurada, a AAL deverá efetuar a recuperação de erros fim a fim por retransmissão. Já na operação não assegurada, a recuperação de erros não é feita pela AAL, sendo deixado a cargo do usuário a decisão de receber ou não os quadros com erro. Esses modos (de mensagem e de fluxo) e operações (asseguradas e não asseguradas), são opções a serem implementadas de acordo com a definição de serviços específicos [1].

5.5 - AAL Tipo 5

À exceção da multiplexação de conexão,a AAL5 oferece os serviços de classe C e D definidos para AAL 3/4 também suporta dois modos de serviço, bem como transmissão

assegurada e não assegurada., mas de forma mais simples, ou seja, quando insere-se cabeçalhos e fechos tanto na mensagem a ser enviada para a SAR (no total 8 *bytes)* e também nas células (no total 4 *bytes*), como ocorre na AAL 3/4 estamos inserindo um *overhead* alto em cada subcamada de protocolo, o que torna-se um mecanismo pesado quando envia-se mensagens curtas.Assim no protocolo AAL 5, a subcamada de convergência anexa preenchimento e fecho nas mensagens a serem enviadas para a SAR, e nesta por sua vez, não acrescenta qualquer cabeçalho ou fecho, somente divide a mensagem em unidades de 48 *bytes* e passa para a camada ATM. O que se percebe, é uma eficiência devido á inexistência de *overhead* nas células.A AAL 5 também inclui os modos de mensagem ou de fluxo e as operações assegurada ou não, não oferecendo a função de multiplexação de conexões.Resumindo as funções das camadas e subcamadas do modelo de referência ATM, temos a Tabela 5:

AAL	CS	Convergência
	SAR	Segmentação/reencapsulamento
ATM		Controle de fluxo genérico, geração/extração de cabeçalho, translação VPI/VCI, multiplexação/demultiplexação
Camada Física	TC	Geração/verificação do HEC, geração quadro de transmissão, delineamento de células
	PM	Temporização, meio físico

Tabela 5- Funções das Subcamadas[1]

CS- Subcamada de Convergência

SAR- Subcamada de Segmentação e Reencapsulamento

AAL- Camada de Adaptação

ATM TC- Subcamada de Controle de Transmissão

PM- Subcamada de Meio Físico.

5.6 - AAL de Sinalização

A AAL de sinalização é processo utilizado para estabelecimento,supervisão e rompimentode conexões ATM(VPCs e VCCs)fornece um meio estruturado e confiável, para o transporte de tráfego de sinalização, entre dois usuários finais ATM. . Isto é, as conexões para serem estabelecidas necessitam de mensagens que “avisem” a requisição da conexão e, como são conexões de circuitos virtuais, uma vez desfeita a conexão, deixa de existir o caminho virtual estabelecido.

Conforme [1] são definidas três funções básicas de sinalização em redes ATM para conexão: estabelecimento, rompimento e obtenção de *status*. Para definição do estabelecimento de uma conexão são necessárias as seguintes mensagens de sinalização:

SETUP: pedido de estabelecimento de conexão

CALL PROCEEDING: indicação de que o pedido de conexão já foi iniciado.

CONNECT: aceitação da conexão pelo usuário chamador.

CONNECT ACK: confirmação da conexão.

Para rompimento de conexão, são definidas as mensagens de sinalização:

DISCONNECT: pedido de rompimento de conexão.

RELEASE: indicação de liberação de recursos.

RELEASE COMPLETE: confirmação de liberação dos recursos

5.7 - Operação, Administração e Manutenção

A recomendação I.160 descreve o mínimo de funções necessárias para a manutenção das camadas física e ATM.Funções de operação e manutenção(*Operation Administration and Maintenance*-OAM) são especificadas em cinco fases : Monitoramento de Performace,Detecção de Falhas e D,Proteção do sistema ,Informação sobre Falhas ou Desenpenho e Localização de Falhas . [1]

A Recomendação I.610 do ITU-T [4] descreve os princípios e funções de OAM executadas pelo gerenciamento de camadas da B-ISDN. Segundo a I.610, as funções de OAM são executadas em cinco níveis hierárquicos, relativos à camada física e à camada ATM. Tais funções resultam nos fluxos de informações bidirecionais F1, F2, F3, F4 e F5, referidos como fluxos de OAM, tal como se pode observar na Figura 9. Cada fluxo corresponde a um nível de OAM. Estes fluxos são implementados por células ATM especiais que fluem periodicamente na rede ATM entre seus vários equipamentos. Os fluxos F1, F2 e F3 circulam na camada física, enquanto os fluxos F4 e F5 na camada ATM. [1].

Os níveis hierárquicos de OAM são citados [1]:

- Nível de Canal Virtual (*Virtual Channel Level*) – Opera entre elementos da rede que funcionam como terminadores de conexões de canal virtual(VCC),que podem estar separados por uma ou mais conexões .
- Nível de Caminho Virtual (*Virtual Path Level*) – Opera entre elementos da rede que executam funções de terminação de conexões de caminho virtual (VPC).
- Nível de Caminho de Transmissão (*Transmition Path Level*) – Opera entre elementos da rede responsáveis pela quebra e remontagem da carga de transmissão e associam este com os fluxos de OAM. Funções de delineamento de célula e de controle de erro no cabeçalho (HEC) são

requeridas nos pontos finais de cada caminho de transmissão. O caminho de transmissão é conectado através de uma ou mais seções digitais.

- Nível de Seção Digital (*Digital Section Level*) – Estende-se entre as extremidades de uma sessão e engloba uma entidade de manutenção de pontos finais de seções digitais.
- Nível de Seção de Regenerador (*Regenerator Section Level*) – Uma porção de uma seção digital e, assim sendo , é uma subentidade de manutenção.

O nível físico contém os três níveis inferiores de OAM onde os fluxos F1,F2 e F3 são respectivamente trocados nos níveis de seção de regenerador, sessão digital e caminho de transmissão, como ilustra a Figura 14.
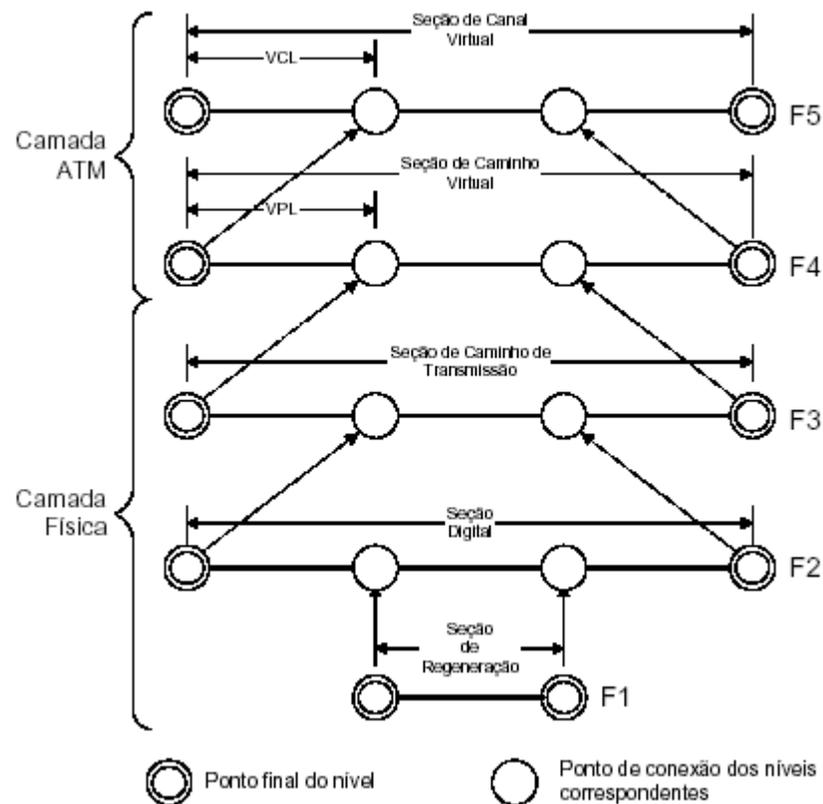
Figura 14 – Níveis hierárquicos OAM e seus relacionamentos com a camada ATM e física [1]

OAM no plano de gerenciamento são divididas em três categorias de serviço :

- Gerenciamento de Faltas (*Fault Management*) – Esta categoria de serviço de OAM, células são enviadas para indicar um problema, tal como perda de conexão, uma interface danificada ou um componente defeituoso.
- Gerenciamento de Performance (*Performance Management*) – Esta categoria de serviço de OAM, células são usadas para monitorar e documentar a performance de conexões. Estatísticas, tais como células erradas, perdidas ou danificadas, são documentadas através de operações de gerenciamento de performance.
- Ativação/desativação (*Activation/Deactivation*) – Esta categoria Faz a ativação e desativação de células utilizadas para carregar informações de gerenciamento de conexões.

A Tabela 6 mostra as funções e serviços suportados pelos fluxos de OAM. . [6]

Função	**Serviços**
Gerenciamento de Faltas	Fiscalização de Alarmes com AIS[20] Fiscalização de Alarmes com FERF[21] Loopback Checagem de Continuidade
Gerenciamento de Performance	Monitoramento Direto Monitoramento Reverso Monitoramento/Documentação
Ativação/Desativação	Monitoramento de Performance (ativação/desativação) Checagem de Continuidade (ativação/desativação

Tabela 6 – Função e serviços suportados pelos fluxos de OAM [4]

5.8- Formatação e Controle de de Tráfego

A performace do sistema é uma questão muito importante para as redes ATM,em parte porque geralmente são usadas para tráfego em tempo real,como áudio e vídeo.O controle de tráfego em uma rede ATM está fundamentalmente relacionado com a habilidade da rede prover qualidade de serviço (QoS - *Quality of Service*) diferenciada para cada aplicativo. Uma regra primária para o gerenciamento de tráfego é proteger a rede e os sistemas finais de congestionamento, permitindo o alcance de seus objetivos de performance outra regra adicional é promover o uso eficiente dos recursos da rede.

O mecanismo usado para forçar os parâmetros de qualidade de serviço é baseado (em parte) num algoritimo especifico, o GCRA (*Generic Ceel Rate Algorithm*) que funciona verificando todas as células para conferir se elas adptam aos parâmetros de seu circuito virtual,que são dois , no primeiro parâmetro ele especifica a taxa de chegada máxima permitida (PCR) e a variação tolerável (CDVT).A recíproca de PCR,T =1/PCR, é o tempo de interchegada de célula mínimo.No caso máximo ,chega apenas uma célula a cada 10 milisegundos ,só há problemas quando os transmissores tendem a se precipitar fazendo com que uma célula chegue antes porém ela é aceita ,más a chegada da próxima célula continua a ser esperada[2].

5.9 - Qualidade de Serviço na Camada ATM

A Qualidade de Serviço é também uma questão muito importante para redes ATM .Quando se estabelece um circuito virtual,a camada de transporte (geralmente ,um processo na máquina *host,* o “cliente”)e a camada de rede ATM exemplo o operador da rede (concessionária de comunicação)devem chegar à um acordo quanto ao serviço.Quando se trata de rede pública este contrato pode ter aplicações legais , um exemplo é uma concessionária de comunicações concordar em não perder mais de uma célula por bilhão , o departamento jurídico do cliente

poderá ser acionado e entrar com processo solicitando indenização pelo desrespeito ao contrato que na maioria das vezes tem três partes que são: Tráfego a ser Oferecido,Serviço Acordado e As Exgências legais .

6 – REDES VIRTUAIS E INTERCONEXÕES DE LANS E MANs

Nesta seção analisaremos brevemente o atual cenário das redes , destacando os possíveis papéis das tecnologias ATM, ainda não está claro se o ATM será a principal tecnologia das futuras LANS,MANS e WANs . Entretanto, o que está claro é que os nós WANs deverão suportar tráfegos de centenas de *gigabits* por segundo.

6.1 – LANs ATM.

Cada vez mais torna-se claro que a meta da ITU e substituir a rede telefônica de comutação pública por uma rede ATM porém ,grande maioria das atuais LANs utilizam em sua implementação padrões já consolidados como o Ethernet/IEEE 802.3 ou Token Ring/IEEE 802.5, além de diversos tipos de protocolos de rede como; IPX, TCP/IP, Netbios. Essas LANs tem

algumas características que diferem da tecnologia ATM e que podem ser sintetizadas em três características principais:

1. As mensagens são enviadas sem que se estabeleça uma conexão entre a fonte e o destino;
2. Cada equipamento de rede tem seu próprio endereço de rede MAC, usado pelos protocolos para endereçamento das estações;
3. O tratamento de *multicast* e *broadcast* são facilmente tratados nestas tecnologias de acordo com as características próprias de cada protocolo MAC, como mostra a Figura 15.

Interconexão com Redes Públicas

Figura 15- Interconexão com redes Públicas[2]

O que pode levar um bom tempo para se atingir então as atenções estão voltando para uso da ATM para conectar LANS existentes.Nessa abordagem uma rede ATM pode funcionar como uma LAN,conectando hosts individuais ,ou como pontes ,conectando várias LANs .

Embora os conceitos serem interessantes eles suscitam alguns desafios ,um é o problema a ser resolvido que é fornecer serviço LAN sem conexão através de uma rede ATM orientada à conexão ,uma das possíveis soluções é introduzir um servidor sem conexão na rede e inicialmente configuram uma conexão com esse servidor,para o qual devem ser enviados todos os pacotes ,embora simples esta solução ,está solução não usa toda a largura da banda ATM ,que ,por essa razão ,pode tornar o servidor sem conexão um grande gargalo.

No ATM Forum foi proposto uma abordagem alternativa que todos o *hosts* tenham um circuito virtual ATM (potencial)com todos os outros *hosts* ,esses circuitos virtuais podem ser estabelecidos e liberados dinamicamente de acordo com a necessidade ou podem ser circuito virtuais permanentes .

6.2-Emulação de LAN

Na emulação de LAN , a rede ATM é encarada simplesmente como um meio físico virtual compartilhado (formado pelas conexões de rede), a implementação da emulação de LAN, insere-se uma camada adicional de *software* nos equipamentos ATM. Esta camada, é introduzida acima da camada de adaptação (construída a partir do protocolo AAL5) denominada ATM MAC. Com esta camada, a rede ATM é vista como um meio físico virtual compartilhado, ou seja, oferecerá às camadas superiores as mesmas interfaces de serviços oferecidos pelas subcamadas MAC das redes originais emuladas .Como a maioria do tráfego ATM é ponto a ponto , é mais eficiente usar conexões virtuais ponto a ponto para a conexão,em vez de uma conexão multiponto,é obtido também uma maior segurança já que o tráfego ponto a ponto não é mais transmitido por difusão.Um maior controle da qualidade de serviço por conexão individual
é obtido [1].A Figura 16 mostra a emulação de uma LAN.
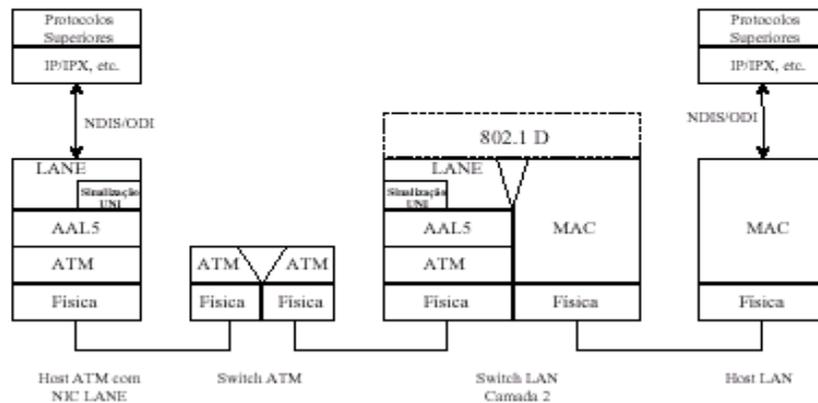
Figura 16- Emulação de LAN – LANE [1]

Cada entidade ATM MAC deve possuir um endereço IEEE 802 de forma a identificá-la .

Para estabelecer a conexão virtual(ponto a ponto ou multiponto). Uma interface possuindo uma entidade ATM MAC separada é exigida, mas apenas uma conexão física à rede ATM é requerida. Assim um segmento físico LAN pode ser emulado conectando várias estações terminais na rede ATM e uma conexão virtual multiponto, emulando o meio físico por difusão de uma LAN utilizando a capacidade de conexão multiponto do comutador . A Figura 17 mostra a interconexão de várias LANs [1].
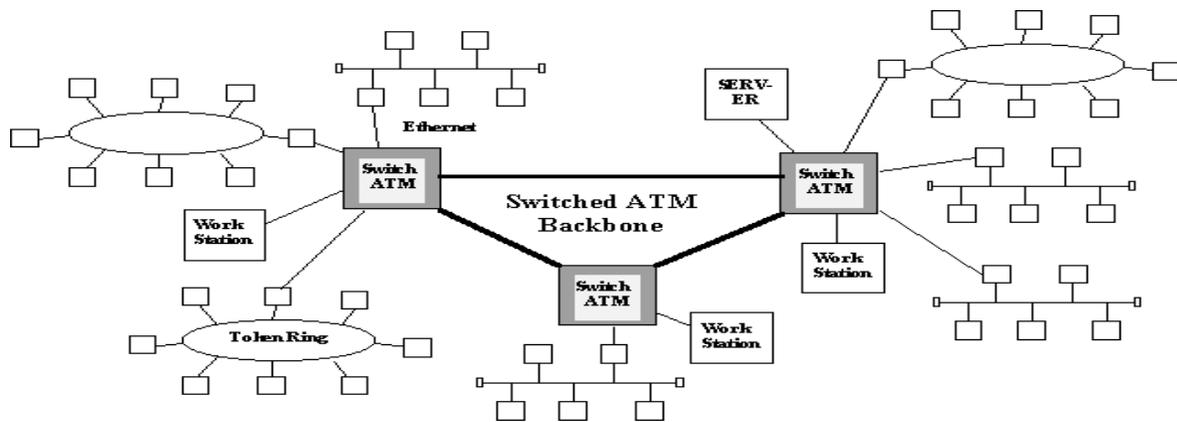
Figura 17- Interconexão de várias LANs. [1]

6.3- Topologia par Emulação de uma LANE

Para formar uma rede virtual através da emulação de LAN, segundo o ATM Fórum são necessários dois componentes: [5]

- Clientes de emulação de LAN (*LAN Emulation Clients* – LEC) implementados na estações terminais;
- Servidor de serviços de emulação, composto de três servidores lógicos: servidor de configuração (*Lan Emulation Configuration Server* – LECS), o servidor de emulação de LAN (*LAN Emulation Server* – LES) e o servidor de difusão e desconhecimento (*Broadcast and Unknown Server* – BUS).

LEC executa funções de transferência de dados, resolução de endereços e outras funções de controle, fornece para camadas superiores as interfaces de serviço que emulam a subcamada MAC. Cada LEC é identificado por um endereço ATM único. Um LEC é associado com um os mais endereços MAC acessíveis através do seu endereço ATM. Os LECs se comunicam com os servidores lógicos através de dois tipos de conexões ATM : conexões de controle e conexões de

dados. Conexões de Controle são utilizadas para descobrir endereços de outros clientes, ocorre principalmente entre uma estação e o LES, no momento que a estação estabelece uma conexão ao segmento da LAN virtual. Conexões de dados são usadas para transmitir informações, ligando LECs entre si para tráfego de mensagens ponto a ponto, e também ligando LECs ao BUS para transmissão de mensagens de difusão (*broadcast*) e de grupo (*multicast*).

LES é responsável pelas funções de coordenação e controle da rede virtual, por registrar e resolver endereços MAC em endereços ATM. Há apenas um LES por rede virtual, identificado por um endereço ATM único.

BUS controla todas as mensagens de *broadcast* e *multicast* submetidas à rede, utilizado tanto para mensagens com informação para mais de um destino como para mensagens a outros LECs. Cada LEC enxerga apenas um BUS por rede virtual, identificado por um endereço ATM único. No LES, este endereço está associado ao endereço MAC de *broadcast*.

LECS é responsável pela atribuição dos LECs individuais a diferentes redes virtuais. A atribuição é feita pela associação do LEC requisitante com o LES que corresponderá uma dada rede virtual[5].

6.4- IPOA

O protocolo IPOA (IP over ATM) trata do encapsulamento de pacotes através da camada de Adaptação ATM (AAL), usando o protocolo AAL5. O seu mecanismo de resolução de

endereços é feito diretamente do endereço de rede (IP) para endereço ATM e vice-versa, com isso têm-se a ilusão da existência de sub-redes lógicas IP (*Logical IP Subnetworks – LIS*), ou seja, grupo de estações que têm o mesmo endereço de sub-rede IP, porém estão fisicamente dispersas ao longo de rede[5]. A Figura 18 detalha uma interconexão de redes IPOA.

Figura 18- Interconexão de redes IPOA [5]

6.5 Protocolo ATMARP

Para mapeamento de um endereço IP para endereço ATM, esta função é desempenhada pelo protocolo de resolução de endereços ATM (*ATM Address Resolution Protocol* – ATMARP)

O servidor ATMARP possibilita que cada estação de uma subrede IP (LIS) possa fazer pesquisas para encontrar o endereço ATM a ser usado a fim de que o pacote seja entregue a um destino IP. O servidor ATMARP mantém automaticamente em cada LIS um banco de dados com o objetivo de mapear endereços IP para ATM. O servidor ATMARP é um módulo de *software* que pode ser implantado em um servidor de arquivos ou em uma estação de trabalho, além de também poder ser implementado em roteadores ou *switches* ATM presentes na rede [5].

7-CONCLUSÃO

ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) é uma nova tecnologia que surgiu para superar as limitações das redes existentes (a transmissão conjunta de sons, imagens, voz, vídeo, dados), com isso trouxe inovações, principalmente no que tange o formato das mensagens que enviará. Usa-se o conceito de células, onde as mensagens são divididas em tamanhos fixos de 53 bytes. Com esse formato, obtém uma maior eficiência na transmissão das mensagens, uma vez que não existe a complexidade em termos de empacotamento de mensagem recebida, com isso pode-se atingir taxas de transmissão de 155 a 622 Mbits.

Por ser orientada à conexão utilizando a comutação de pacotes para definir a estratégia de roteamento das células, a complexidade ocorre somente na fase de estabelecimento de conexão. Além disso, pode-se garantir a qualidade de serviço (QoS) através do contrato de tráfego definido no início da conexão, que se caracteriza pela monitoração dos índices de transmissão de células por unidade de tempo, taxas de perdas de células, a carga útil nos comutadores ATM ou no *buffer* para prevenir o congestionamento do tráfego das células. E além do QoS, existem planos de gerenciamento que monitoram o desempenho e as falhas em cada camada do modelo ATM.

Ao usar ATM, é visível as vantagens sobre uma rede tradicional, principalmente em termos de desempenho de transmissão. Em relação à interconexão de redes ATM com outras LANs ou WANs como Ethernet, Token Ring e rede com uso de protocolo IP, trouxeram grandes preocupações que levaram a criação de padrões de interconexão tais como o LANE (*Lan Emulation*), o IPOA (IP *over* ATM), o MPOA (*Multiprotocol over ATM*), etc. Onde cada um desses oferecem vantagens e desvantagens. Usando o protocolo LANE, uma das principais vantagens se refere aos equipamentos necessários à interconexão, como ocorre a nível de enlace de dados, o uso de *switch* é o suficiente, já no IPOA, como ocorre a nível de camada de rede, são necessários roteadores para realizar a interconexão de redes ATM e não ATM, cujo custo é incomparável ao *switch*. Em contrapartida, a comunicação entre redes ATM e não ATM usando IPOA é direta, ou seja, o mapeamento de endereços ATM para endereços IP é direto, em vez disso, no LANE, existe um servidor intermediário para realizar este mapeamento de endereços MAC em endereços de rede.

Assim pode-se concluir que quando se trata de interconexão de redes ATM com redes que usam protocolo de rede IP, se torna mais simples e prático o uso de IPOA, pois não requer nenhuma alteração na infra-estrutura do roteamento IP, mas quando não se tratam de redes IP, apesar do LANE implementar uma camada a mais, o seu uso pode ser recomendável. Mas tudo isso vai depender do projeto e objetivos da rede que se deseja obter da interconexão com redes ATM.

Portanto, redes ATM são consideradas uma revolução de tecnologia, cuja mudança têm um custo altíssimo para sua implementação. Cabe as empresas balancear o custo com a necessidade das vantagens obtidas pela tecnologia ATM.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SOARES, Luiz Fernando G.; LEMOS, Guido; COLCHER, Sérgio. **Redes de Computadores: Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM.** 2. ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1995.

[2] TANENBAUM, Andrew S. **Rede de Computadores.** 3. ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1996.

[3] BLACK, Uyless D. **ATM: Foundation for Broadband Networks**, Prentice-Hall, 1995.

[4] ITU-T **Recommendation I.610: B-ISDN Operation and Maintenance Principles and Functions**, 1995.

[5] The ATM Forum.**ATM User-Network Interface (UNI) Signalling Specification,** 1996.

[6] ALBERTI,Antônio Marcos**.Tecnologia ATM**. Disponível em: <http://www.mc21.fee.unicamp.br/alberti/mono_ie310.pdf > acesso em 10 de Maio de 2005.

[7] GEOCITIES.**Técnicas de Comutação.** Disponível em: < http://www.geocities.com/SiliconValley/Network/7460/atm.htm> acesso em 07 de Maio de 2005.